

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

**Расчетно-графическая работа
№1**

© Теоретические основы электротехники: учеб. пособие. / К.В. Киреев, В.Е. Высоцкий, А.П. Новикова. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

При изучении курса ТОЭ студенты приобретают необходимые знания об основных методах расчета и физических процессах, происходящих в электрических цепях и электромагнитных полях. Одним из основных видов самостоятельной работы по курсу является выполнение расчетно-графических работ.

Расчетно-графические работы планируются и выполняются с целью:

- углубления и закрепления теоретических знаний;
- приобретения навыков выполнения электротехнических расчетов, освоения технической документации;
- проверки усвоения учебного материала курса.

К представленным работам предъявляются следующие требования:

1. Основные положения и этапы решения задач должны быть достаточно подробно пояснены.

2. Рисунки, графики, схемы, в том числе и заданные условием задачи, должны быть выполнены на отдельном листе бумаги, аккуратно и в удобочитаемом масштабе.

3. В работе следует оставлять поля шириной не менее 4 см для замечаний рецензента.

4. Вычисления должны быть проведены с точностью до третьей значащей цифры.

5. Работа должна быть датирована и подписана студентом.

6. Незачтенное задание должно быть выполнено заново и сдано на повторную проверку вместе с первоначальной работой и замечаниями преподавателя. Исправления ошибок в отрецензированном тексте не допускаются. Если неправильно выполнена не вся работа, а только ее часть, то переработанный и исправленный текст следует записать после первоначального текста под заголовком «Исправление ошибок».

Работа зачитывается, если решения не содержат ошибок принципиального характера и выполнены все перечисленные требования.

Работа над заданием помогает студентам проверить степень усвоения ими курса, вырабатывает у них навык четко и кратко излагать свои мысли. Для успешного достижения этой цели необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Начиная решение задачи, указать, какие физические законы или расчетные методы предполагается использовать при решении, привести математическую запись этих законов и методов.

2. Тщательно продумать, какие буквенные или цифровые обозначения предполагается использовать в решении. Пояснить значение каждого обозначения.

3. В ходе решения задачи не следует изменять однажды принятые направления токов и наименование узлов, сопротивлений, а также обозначения, заданные условием. При решении одной и той же задачи различными методами одну и ту же величину следует обозначить одним и тем же буквенным символом.

4. Расчет каждой искомой величины следует выполнить сначала в общем виде, а затем в полученное выражение подставить числовые значения и привести окончательный результат с указанием единиц измерения.

5. При решении системы уравнений целесообразно воспользоваться матричным методом с последующим использованием вычислительной техники.

6. Промежуточные и конечные результаты расчетов должны быть ясно выделены из общего текста.

Оформление работы

1. Работа оформляется на бумаге форматом 210×297 мм (А4) в соответствии с требованиями ЕСКД и действующих ГОСТов и стандартов учебного заведения.

2. Образец титульного листа приведен на стр. 19.

3. Работа должна содержать разделы, отражающие все этапы расчета (каждый этап должен иметь свой подзаголовок):

3.1. Номер, название и цель работы.

3.2. Предварительные сведения. Приводятся исходные данные, расчетная схема, расчетные формулы, результаты предварительных расчетов.

3.3. Основные расчеты приводятся сначала в общем виде, а затем с подстановкой числовых значений. Формулы обозначаются порядковыми номерами в скобках. Решение не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований и арифметических расчетов.

Результаты расчетов сводятся в таблицы, приводятся все формулы, по которым делались эти расчеты, поясняющие диаграммы и графики, краткий анализ результатов.

3.4. Графическая часть отчета (схемы, таблицы, диаграммы, графики) выполняется с применением чертежных инструментов или с помощью соответствующих программных пакетов. Для элементов электрических схем следует пользоваться обозначениями, приведенными в учебниках по ТОЭ.

4. Графики строят в прямоугольной системе координат, где по горизонтальной оси (оси абсцисс) откладывают независимую физическую величину, а по вертикальной оси (оси ординат) – зависимую физическую величину. Графики, отражающие закономерные зависимости величин, вычерчиваются плавными линиями. Чтобы масштабная шкала легко читалась, необходимо выбрать удобную для восприятия цену деления шкалы. После нанесения масштабных делений на осях указывают их значения.

5. По каждому этапу в работе приводятся обобщения и выводы. В выводах подчеркиваются основные теоретические положения и практическое значение исследуемых явлений.

6. В конце отчета помещается список литературы и программного обеспечения, использованных при выполнении и оформлении расчетно-графической работы.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

РАСЧЕТ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Исходная схема цепи представлена на рис. 1.

I. Считая, что индуктивная связь между катушками отсутствует, необходимо:

- 1) определить токи во всех ветвях схемы указанными методами;
- 2) построить векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму напряжений;
- 3) составить баланс активных и реактивных мощностей;
- 4) для любой ветви k построить на одном графике кривые мгновенных значений

$$u_k(t); i_k(t); p_k(t);$$

- 5) определить показание ваттметра.

II. Учитывая взаимную индуктивность катушек, необходимо:

- 1) определить токи во всех ветвях схемы методом законов Кирхгофа;
- 2) построить векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму напряжений.

Значения параметров элементов цепи указаны в табл. 1.

Методы расчета и взаимные связи, которые необходимо учитывать при расчете, указаны в табл. 2.

К таблице 2

Методы расчета (М)	Взаимные связи (В)
1. Метод законов Кирхгофа.	1. M_{14} M_{12}
2. Метод контурных токов.	2. M_{24} M_{23}
3. Метод узловых потенциалов (напряжений).	3. M_{34} M_{31}
4. Метод наложения.	4. M_{14} M_{13}
5. Метод эквивалентного генератора напряжения.	5. M_{24} M_{21}
6. Метод эквивалентного генератора тока.	6. M_{34} M_{32}
	7. M_{14} M_{23}
	8. M_{24} M_{13}
	9. M_{34} M_{21}

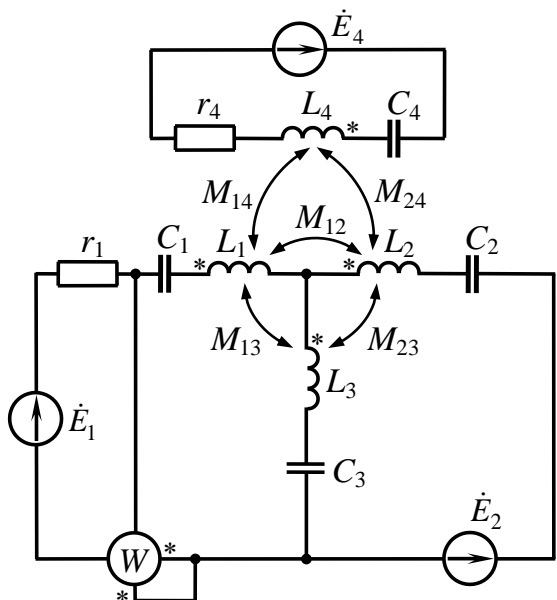


Рис.1.1

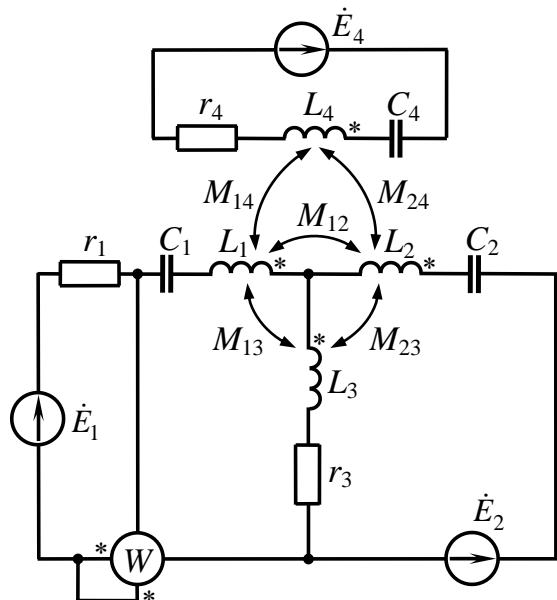


Рис.1.2

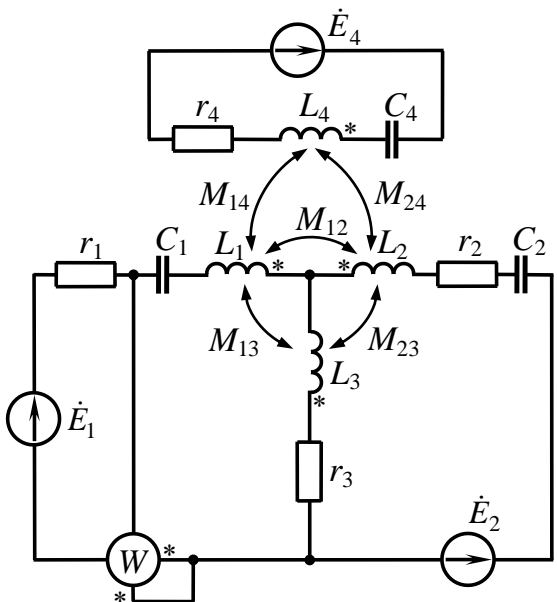


Рис.1.3

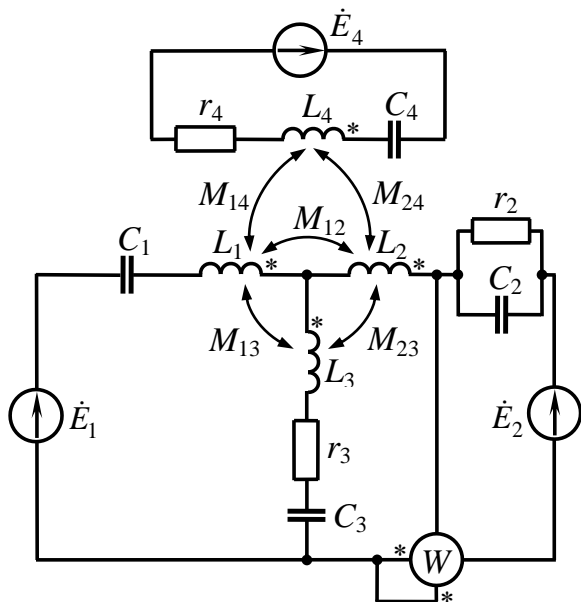


Рис.1.4

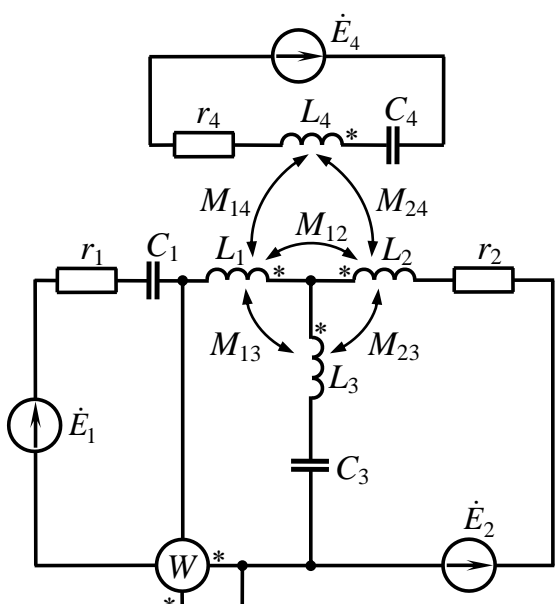


Рис.1.5

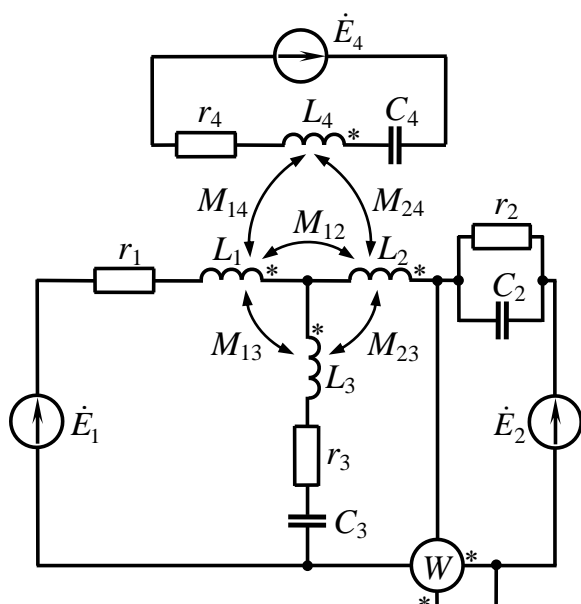


Рис.1.6

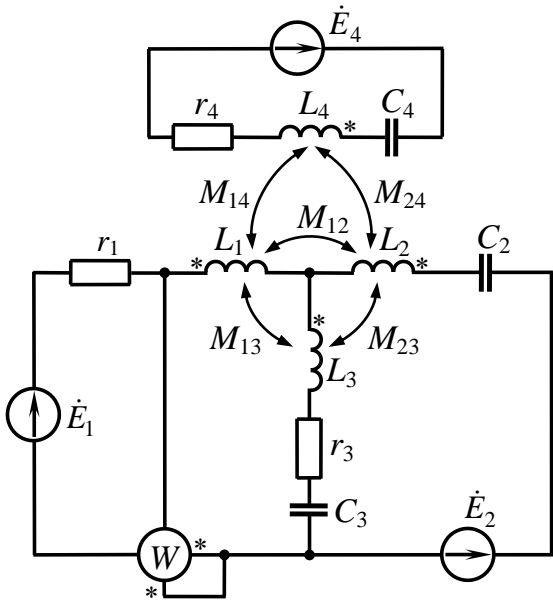


Рис.1.7

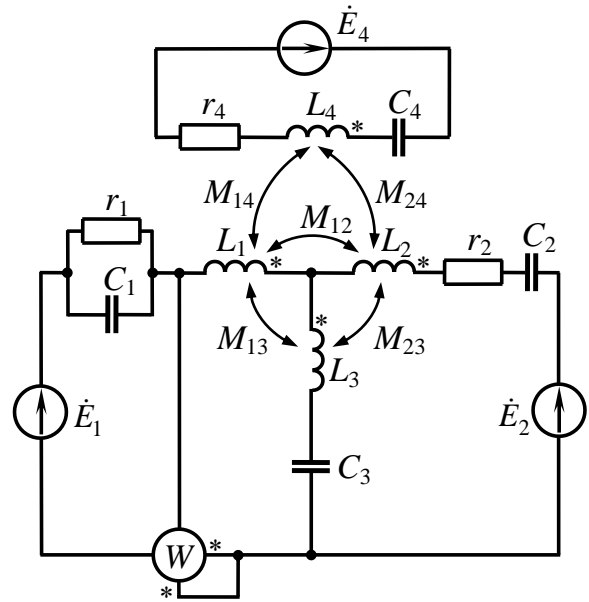


Рис.1.8

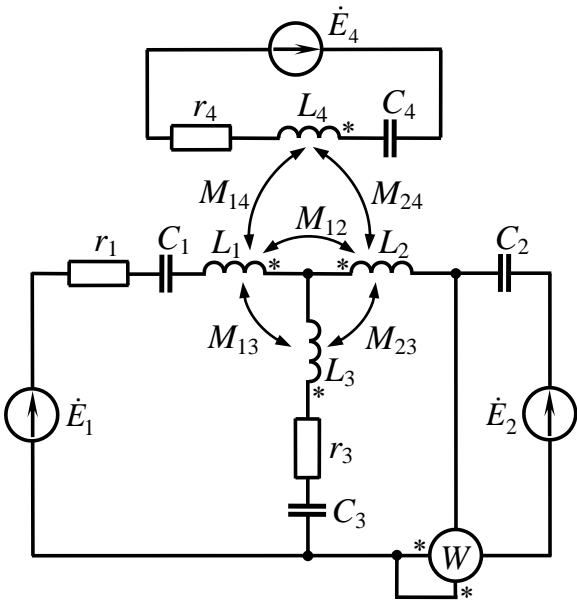


Рис.1.9

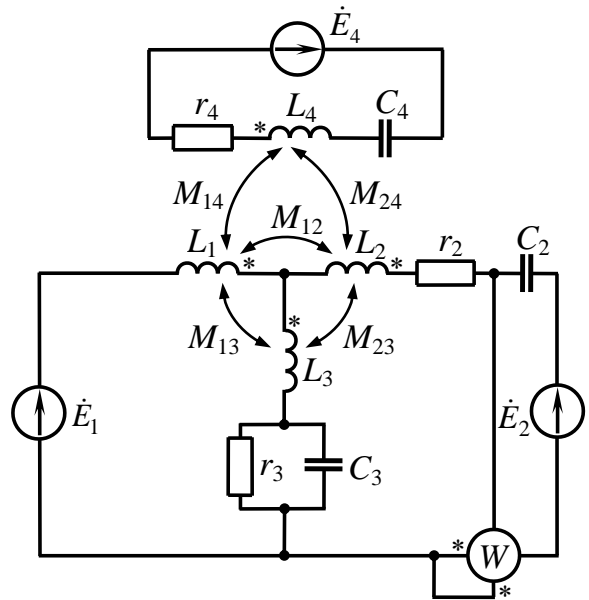


Рис.1.10

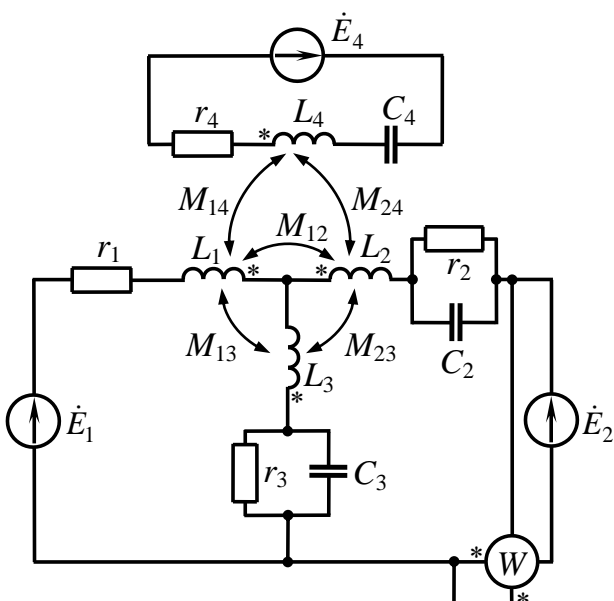


Рис.1.11

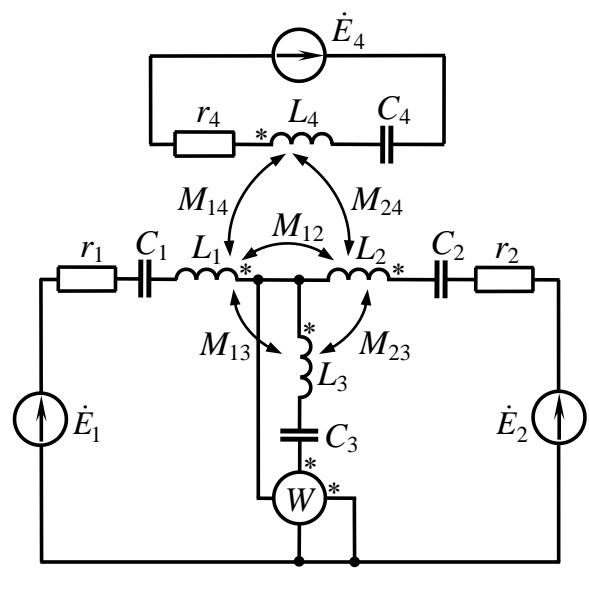


Рис.1.12

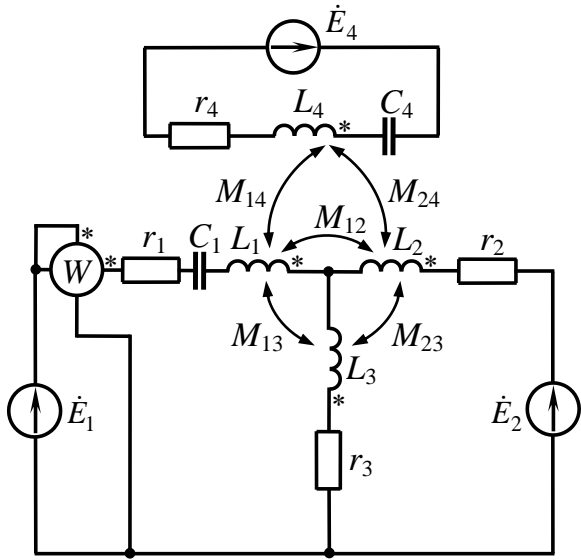


Рис.1.13

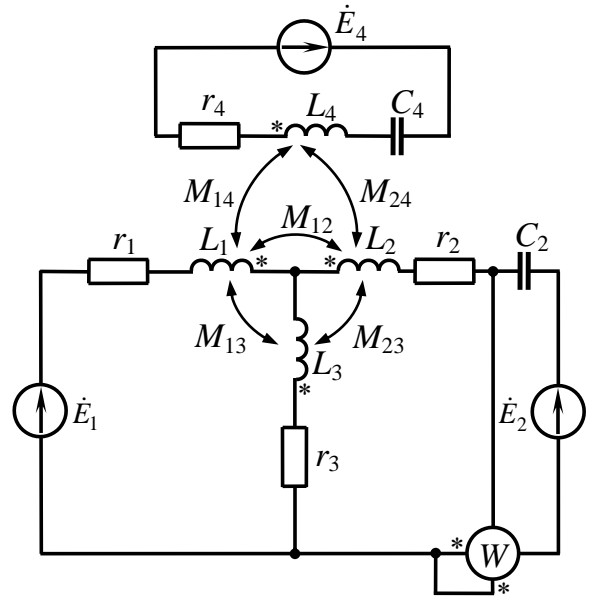


Рис.1.14

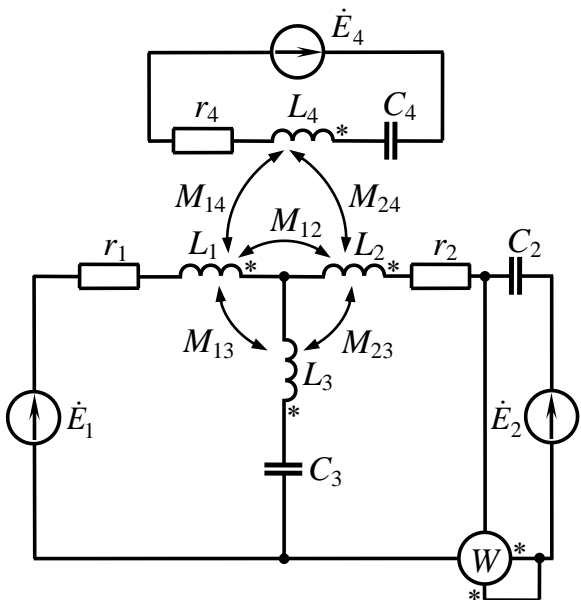


Рис.1.15

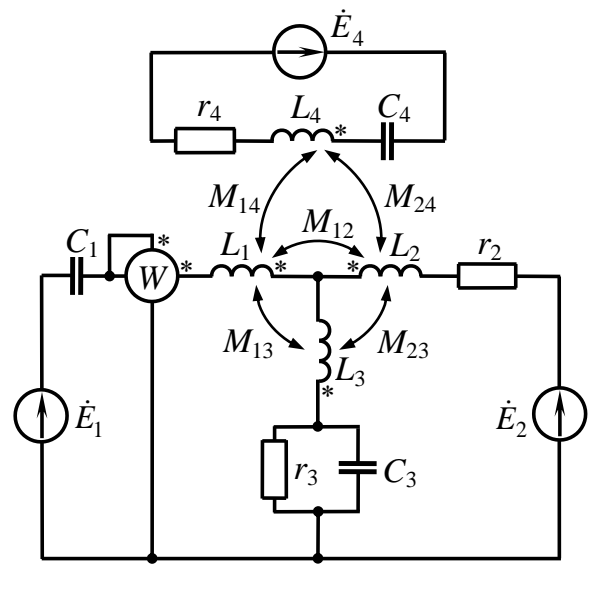


Рис.1.16

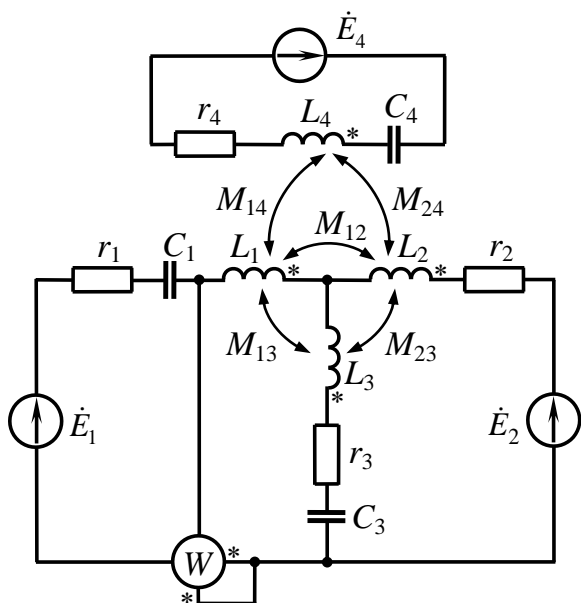


Рис.1.17

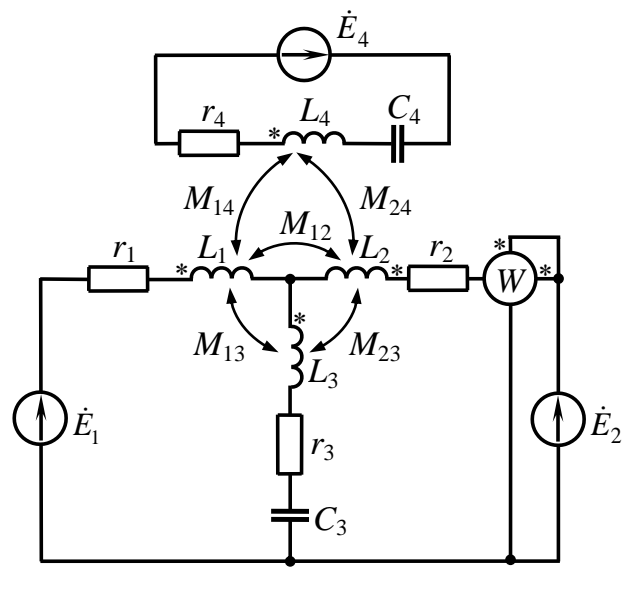


Рис.1.18

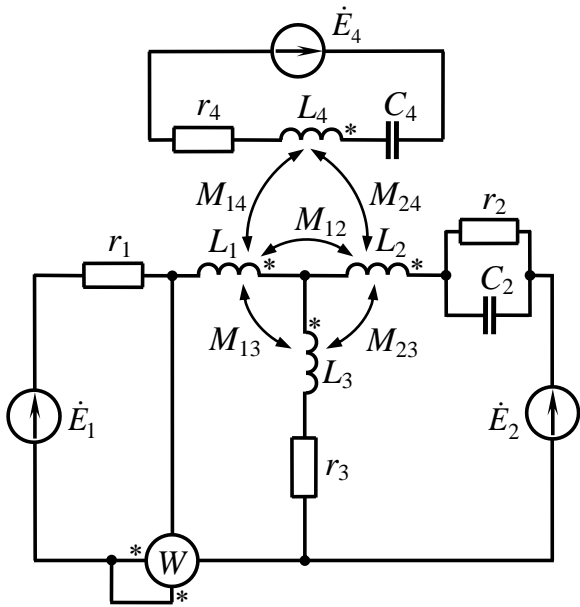


Рис.1.19

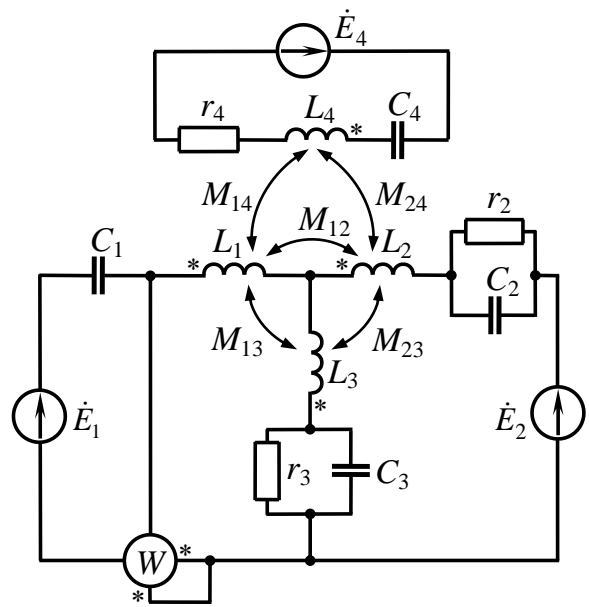


Рис.1.20

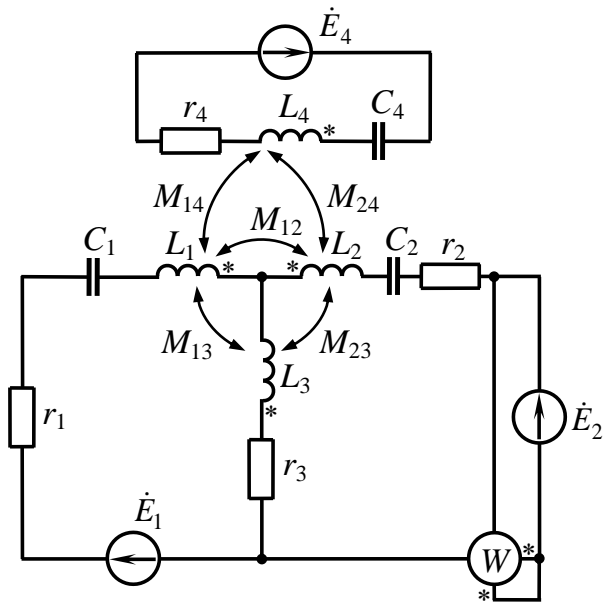


Рис.1.21

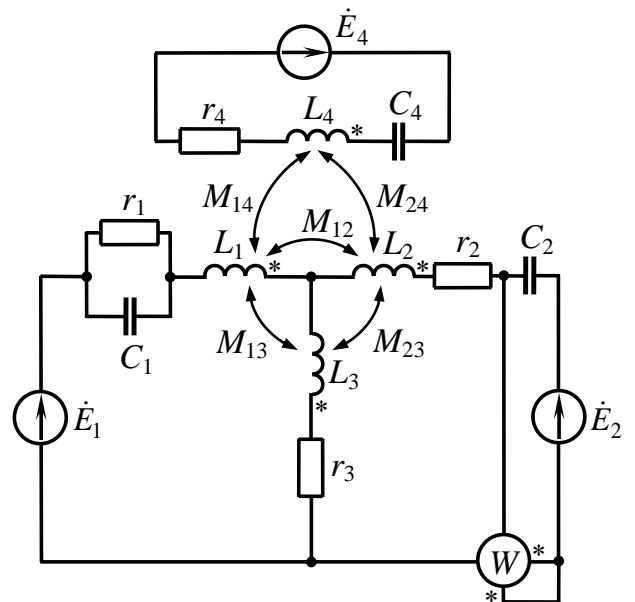


Рис.1.22

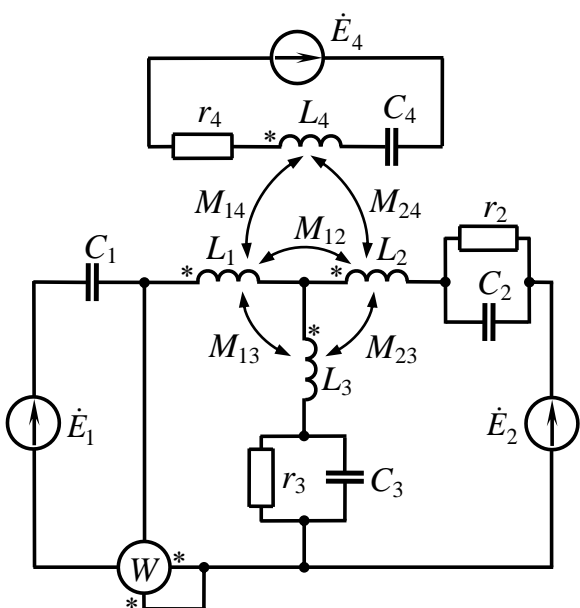


Рис.1.23

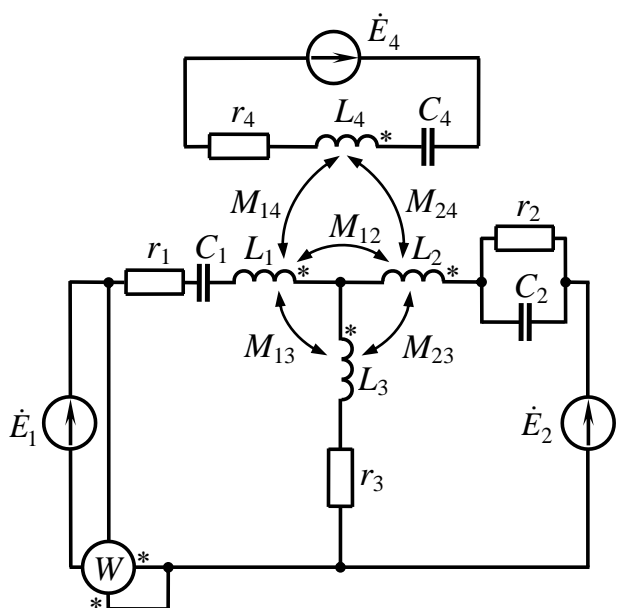


Рис.1.24

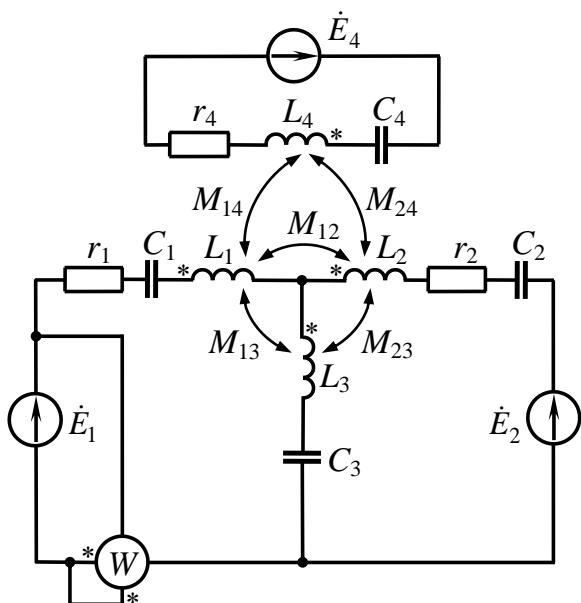


Рис.1.25

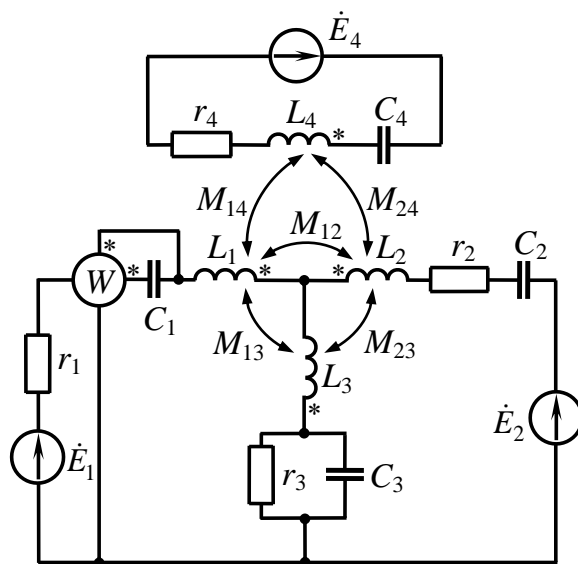


Рис.1.26

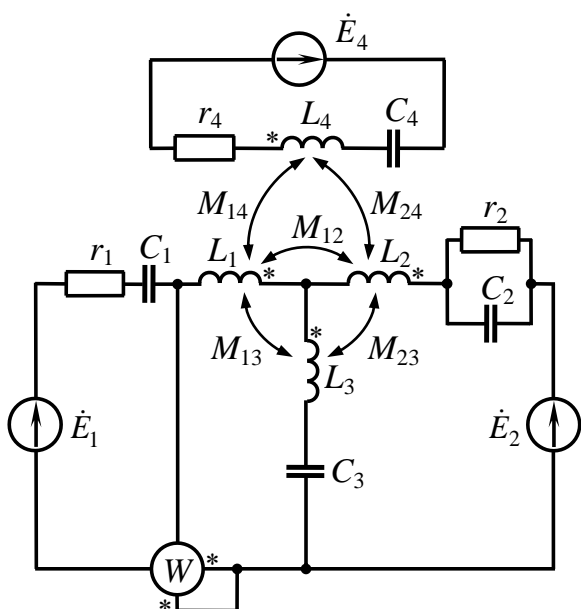


Рис.1.27

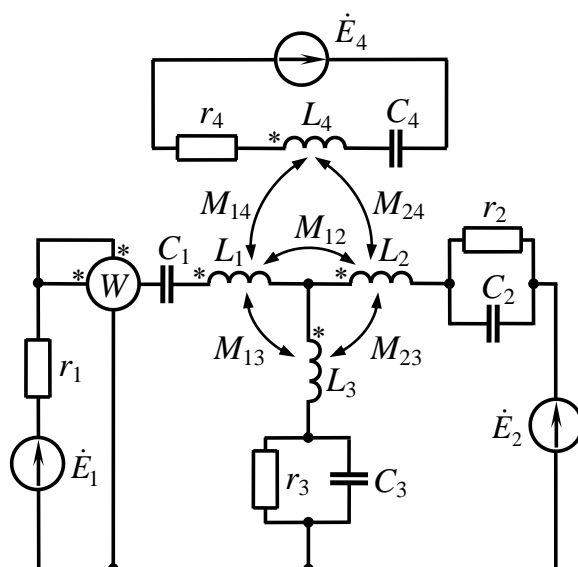


Рис.1.28

Примечания.

1. На топографических диаграммах должны быть показаны векторы напряжений на всех элементах цепи.
2. Напряжения на элементах цепи, обладающих взаимной индуктивностью, должны быть разделены на составляющие.

Таблица 1

№ группы	\dot{E}_1 , В	\dot{E}_2 , В	\dot{E}_4 , В	r_1 , Ом	L_1 , мГн	C_1 , мкФ	r_2 , Ом	L_2 , мГн	C_2 , мкФ	r_3 , Ом	L_3 , мГн	C_3 , мкФ	r_4 , Ом	L_4 , мГн	C_4 , мкФ	f , Гц	K
1	100	$100e^{j30^\circ}$	$100e^{-j60^\circ}$	4	20	200	5	30	250	2	10	400	1	5	450	50	0,5
2	100	$120e^{j45^\circ}$	$100e^{-j45^\circ}$	6	30	200	4	50	300	4	20	300	3	30	300	60	0,6
3	120	$140e^{j60^\circ}$	$100e^{-j45^\circ}$	6	40	300	8	10	200	6	60	200	5	30	300	40	0,6
4	200	$200e^{j90^\circ}$	$200e^{-j90^\circ}$	8	4	40	8	6	80	6	4	36	6	5	40	500	0,6
5	200	$220e^{j30^\circ}$	$200e^{-j60^\circ}$	10	6	30	12	4	40	8	7	8	5	80	10	400	0,7
6	200	$240e^{j90^\circ}$	$200e^{-j45^\circ}$	12	2	20	14	8	100	4	5	50	10	5	30	600	0,8
7	240	$280e^{j90^\circ}$	$200e^{-j90^\circ}$	20	10	50	24	8	30	16	4	10	10	10	50	300	0,8
8	280	$240e^{j60^\circ}$	$200e^{-j90^\circ}$	40	3	10	30	10	140	24	5	20	30	5	7	500	0,7
9	100	$100e^{j30^\circ}$	$100e^{-j45^\circ}$	3	30	300	4	40	200	3	20	460	2	10	300	50	0,6
10	50	$60e^{j45^\circ}$	$50e^{-j60^\circ}$	40	10	100	20	50	200	10	30	300	30	20	10	60	0,6
11	150	$200e^{j60^\circ}$	$80e^{-j60^\circ}$	30	10	100	15	70	200	20	50	300	10	5	40	100	0,6
12	200	$160e^{j60^\circ}$	$200e^{-j60^\circ}$	10	10	150	10	20	100	15	5	50	20	50	200	300	0,5

Таблица 2

Вариант	Схема	№ группы																							
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
		М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В
1	1.1	1; 3	1	1; 4	2	1; 5	3	1; 6	4	2; 3	5	2; 4	6	2; 5	7	2; 6	8	3; 4	9	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3
2	1.2	1; 4	2	1; 5	3	1; 6	4	2; 3	5	2; 4	6	2; 5	7	2; 6	8	3; 4	9	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4
3	1.3	1; 5	3	1; 6	4	2; 3	5	2; 4	6	2; 5	7	2; 6	8	3; 4	9	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5
4	1.4	1; 6	4	2; 3	5	2; 4	6	2; 5	7	2; 6	8	3; 4	9	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6
5	1.5	2; 3	5	2; 4	6	2; 5	7	2; 6	8	3; 4	9	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7
6	1.6	2; 4	6	2; 5	7	2; 6	8	3; 4	9	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8
7	1.7	2; 5	7	2; 6	8	3; 4	9	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9
8	1.8	2; 6	8	3; 4	9	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1
9	1.9	3; 4	9	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2
10	1.10	3; 5	1	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3
11	1.11	3; 6	2	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4
12	1.12	4; 5	3	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4	3; 6	5
13	1.13	1; 3	4	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4	3; 6	5	4; 5	6
14	1.14	1; 4	5	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4	3; 6	5	4; 5	6	1; 3	7
15	1.15	1; 5	6	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4	3; 6	5	4; 5	6	1; 3	7	1; 4	8
16	1.16	1; 6	7	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4	3; 6	5	4; 5	6	1; 3	7	1; 4	8	1; 5	9
17	1.17	2; 3	8	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4	3; 6	5	4; 5	6	1; 3	7	1; 4	8	1; 5	9	1; 6	1
18	1.18	2; 4	9	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4	3; 6	5	4; 5	6	1; 3	7	1; 4	8	1; 5	9	1; 6	1	2; 3	2
19	1.19	2; 5	1	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4	3; 6	5	4; 5	6	1; 3	7	1; 4	8	1; 5	9	1; 6	1	2; 3	2	2; 4	3
20	1.20	2; 6	2	3; 4	3	3; 5	4	3; 6	5	4; 5	6	1; 3	7	1; 4	8	1; 5	9	1; 6	1	2; 3	2	2; 4	3	2; 5	4

Вариант	Схема	№ группы																							
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
		М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В	М	В
21	1.21	3;4	3	3;5	4	3;6	5	4;5	6	1;3	7	1;4	8	1;5	9	1;6	1	2;3	2	2;4	3	2;5	4	2;6	5
22	1.22	3;5	4	3;6	5	4;5	6	1;3	7	1;4	8	1;5	9	1;6	1	2;3	2	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6
23	1.23	3;6	5	4;5	6	1;3	7	1;4	8	1;5	9	1;6	1	2;3	2	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7
24	1.24	4;5	6	1;3	7	1;4	8	1;5	9	1;6	1	2;3	2	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8
25	1.25	1;3	7	1;4	8	1;5	9	1;6	1	2;3	2	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9
26	1.26	1;4	8	1;5	9	1;6	1	2;3	2	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1
27	1.27	1;5	9	1;6	1	2;3	2	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2
28	1.28	1;6	1	2;3	2	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3
29	1.1	2;3	2	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3	1;6	4
30	1.2	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3	1;6	4	2;3	5
31	1.3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3	1;6	4	2;3	5	2;4	3
32	1.4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3	1;6	4	2;3	5	2;4	3	2;5	4
33	1.5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3	1;6	4	2;3	5	2;4	3	2;5	4	2;6	5
34	1.6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3	1;6	4	2;3	5	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6
35	1.7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3	1;6	4	2;3	5	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7
36	1.8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3	1;6	4	2;3	5	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8
37	1.9	1;3	1	1;4	2	1;5	3	1;6	4	2;3	5	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9
38	1.10	1;4	2	1;5	3	1;6	4	2;3	5	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1
39	1.11	1;5	3	1;6	4	2;3	5	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2
40	1.12	1;6	4	2;3	5	2;4	3	2;5	4	2;6	5	3;4	6	3;5	7	3;6	8	4;5	9	1;3	1	1;4	2	1;5	3

Методические указания

Смысл символического метода расчета электрических цепей синусоидального тока заключается в переходе от дифференциальных уравнений, составленных для мгновенных значений токов и напряжений, к алгебраическим уравнениям, составленным относительно комплексных величин.

Последовательность расчета цепей синусоидального тока символическим методом в общем случае может быть следующей.

1. По заданной частоте f и параметрам L и C определяют сопротивления реактивных элементов:

$$x_L = \omega L = 2\pi fL \quad \text{и} \quad x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

(индуктивность следует подставлять в генри, а емкость – в фарадах).

2. Записывают комплексные сопротивления всех ветвей схемы:

$$\underline{Z}_k = r_k + jx_{Lk} - jx_{Ck}.$$

3. Изображают упрощенную схему электрической цепи, где элементы r_k , L_k и C_k каждой ветви заменяются комплексным сопротивлением \underline{Z}_k . Этим цепь переменного тока *формально* (мнемонически) приводится к цепи постоянного тока.

4. Дальнейшая последовательность расчета цепей синусоидального тока совпадает с последовательностью расчета цепей постоянного тока [1, 2, 4], только все действия выполняются с комплексными числами.

Простые цепи рассчитываются методом последовательных преобразований. Сложные цепи рассчитывают специальными методами: методом законов Кирхгофа, методом контурных токов, методом наложения, методом узловых потенциалов или методом эквивалентного генератора.

В результате расчета получают значения искомых токов и напряжений в комплексной форме.

5. По комплексу тока \dot{I} или напряжения \dot{U} получают выражение для мгновенного значения $i(t)$ или $u(t)$

$$\dot{I} = I e^{j\psi} \rightarrow i(t) = \sqrt{2}I \sin(\omega t + \psi).$$

6. Показание ваттметра определяют с помощью выражения

$$P = \operatorname{Re}[\dot{U}_W I_W^*],$$

где \dot{U}_W – комплекс действующего значения напряжения, на которое включен ваттметр;

I_W^* – сопряженный комплекс тока, протекающего по ваттметру.

Сопряженным называется комплексное число, отличающееся от заданного числа знаком перед мнимой частью:

$$\dot{I} = I_{\operatorname{Re}} + jI_{\operatorname{Im}} = Ie^{j\psi}, \quad I_W^* = I_{\operatorname{Re}} - jI_{\operatorname{Im}} = Ie^{-j\psi}.$$

7. По найденным значениям токов и напряжений строится векторная диаграмма, которая представляет собой векторное исполнение законов Кирхгофа.

При расчете электрических цепей необходимо учитывать как ЭДС самоиндукции, так и ЭДС взаимной индукции.

При наличии между катушками L_1 и L_2 магнитной связи, эти катушки включены согласно, если токи в них одинаково ориентированы относительно одноименных зажимов (оба направлены от «*» или к «*»). В противном случае катушки включены встречно.

Под коэффициентом связи K двух магнитосвязанных катушек с индуктивностями L_1 и L_2 и взаимной индуктивностью M понимают отношение

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}.$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается расчет цепи методом законов Кирхгофа?
2. В чем заключается расчет цепи методом контурных токов?
3. В чем заключается расчет цепи методом узловых напряжений?
4. В чем заключается расчет цепи методом эквивалентного генератора?
5. В чем заключается расчет цепи методом наложения?
6. Какими способами можно проверить правильность расчёта цепи?
7. Что называется балансом мощностей?

8. Какими основными величинами характеризуется синусоидально изменяющийся ток (напряжение, ЭДС)?
9. Что такое период и частота и как они связаны?
10. Какими значениями характеризуется синусоидальный ток (напряжение, ЭДС)?
11. Как по амплитудному значению определить действующее значение синусоидальной величины?
12. Что такое векторная диаграмма? С какой целью строят векторные диаграммы?
13. Что такое топографическая диаграмма напряжений?
14. Как рассчитать индуктивное сопротивление x_L . Как оно зависит от частоты?
15. Как соотносятся по фазе ток и напряжение на идеальном индуктивном элементе?
16. Как рассчитать емкостное сопротивление x_C . Как оно зависит от частоты?
17. Как соотносятся по фазе ток и напряжение на емкостном элементе?
18. Что такое активная мощность цепи?
19. Что характеризует коэффициент мощности $\cos\varphi$?
20. Что такое полная мощность цепи переменного тока?
21. В чем заключается символический метод расчета цепей синусоидального тока?
22. Что понимается под комплексным сопротивлением участка цепи?
23. Сформулировать закон Ома в комплексной форме.
24. Сформулировать первый закон Кирхгофа в комплексной форме.
25. Сформулировать второй закон Кирхгофа в комплексной форме.
26. Как выражается мощность в комплексной форме?
27. Как определить показания ваттметра?
28. В чем заключается явление самоиндукции?
29. В чем заключается явление взаимной индукции?
30. Какое включение катушек называется согласным?
31. Какое включение катушек называется встречным?
32. Как наличие взаимной индукции учитывается при расчетах цепей?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Демирчян К.С., Л.Р. Нейман Л.Р., Коровкин Н.В.* Теоретические основы электротехники: учебник для вузов: в 2 т. – М.; СПб.: Питер, 2009.
2. *Бессонов Л.А.* Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров. – М.: Юрайт, 2016.
3. *Атабеков Г.И.* Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: учебник. – М.; СПб.: Лань. 2010.
4. *Киреев К.В., Мякишев В.М.* Теоретические основы электротехники: Линейные цепи постоянного и синусоидального тока. Трехфазные цепи. Цепи несинусоидального тока: учеб. пособ. – Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2014.
5. *Киреев К.В., Мякишев В.М.* Теоретические основы электротехники: Переходные процессы. Магнитные цепи. Длинные линии: учеб. пособ. – Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2014.
6. *Киреев К.В.* Теоретическая электротехника: Виртуальная лаборатория в Multisim 10. Линейные электрические цепи постоянного и синусоидального тока. – М.: Энергоатомиздат, 2008.
7. *Киреев К.В.* Теоретическая электротехника: Виртуальная лаборатория в Multisim 11. Переходные процессы в линейных электрических цепях. – М.: Машиностроение, 2012.
8. Сборник задач по теоретическим основам электротехники: в 2 т. / *П.А. Бутырин, Л.В. Алексейчик, С.А. Важнов* и др.; под ред. чл.-корр. РАН *П.А. Бутырина*. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012.
9. Сборник задач по теоретическим основам электротехники / *Л.А. Бессонов, И.Г. Демидова, М.Е. Заруди, С.Е. Рисовская, С.А. Миленина, В.П. Каменская*. – М.: Высш. шк., 2003.
10. Задачник по теории линейных электрических цепей / *М.Р. Шебес, М.В. Каблукова*. – М.: Высш. шк., 1990.
11. *Коровкин Н.В., Семина Е.Е., Чечурин В.Л.* Теоретические основы электротехники. Сборник задач: учеб. пособ. для вузов. – СПб.: Питер, 2006.
12. Электротехника и ТОЭ в примерах и задачах: практ. пособ. / *В.А. Прянишников, Е.А. Петров, Ю.М. Осипов*. – СПб.: Корона-принт, 2001.
13. *Башарин С.А., Федоров В.В.* Теоретические основы электротехники: учеб. пособ. – М.: АСАДЕМА, 2004.
14. *Евдокимов Ф.Е.* Теоретические основы электротехники: учебник. – М.: АСАДЕМА, 2004.

15. *Батура М.П., Кузнецов А.П., Курулев А.П.* Теория электрических цепей: учебник. – Минск: Вышэйш. шк., 2007.
16. *Бакалов В.П., Журавлева О.Б., Крук Б.И.* Основы анализа цепей: учеб. пособ. – М.: Горячая линия - Телеком, 2007.
17. *Бутырин П.А., Коровкин Н.В.* Теоретические основы электротехники. Интернет-тестирование базовых знаний: учеб. пособие.– М.; СПб.: Лань. 2010.
18. *Киреев К.В.* Линейные электрические цепи постоянного и синусоидального тока: лабораторный практикум. – Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2012.
19. *Киреев К.В.* Линейные электрические цепи синусоидального тока: лабораторный практикум. – Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2013.
20. *Киреев К.В.* Электрические цепи несинусоидального тока: лабораторный практикум. – Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2013.

Пример оформления титульного листа

Самарский государственный технический университет
Кафедра «Теоретическая и общая электротехника»

Расчетно-графическая работа №4

**РАСЧЕТ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ЦЕПИ
СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА**

*Вариант №*__

Выполнил студент _____
(Курс, факультет, группа, ФИО)

Принял _____
(Должность, ФИО преподавателя)

Самара – 20__